·论著·

抗阻力运动联合营养干预对老年 2 型糖尿病患者血糖稳定性影响的临床研究

王颖[1,2]，颜轶隽[1,2]，刘蕾[2]，胡毓敏[3]，张扬[3]，刘凯[3]，姜博仁[1,4*]

1.200010 上海市黄浦区豫园街道社区卫生服务中心健康管理门诊
2.200010 上海市黄浦区老年护理医院二病区
3.200010 上海市黄浦区老年护理医院康复医学科
4.200011 上海市，上海交通大学医学院附属第九人民医院内分泌科
*通信作者：姜博仁，副主任医师；E-mail：155284156@qq.com

【摘要】 **背景** 2 型糖尿病与肌少症是两种危害老年人健康的的常见病，目前国内关于 2 型糖尿病合并肌少症的临床干预研究较少。**目的** 探讨在基层医院开展抗阻力运动联合营养干预对合并肌少症的老年 2 型糖尿病患者骨骼肌质量及血糖稳定性的影响。**方法** 选取 2022 年 2 月—2024 年 5 月于上海市黄浦区豫园街道社区卫生服务中心就诊的 61 例老年 2 型糖尿病合并肌少症的老年患者（≥ 65 岁）作为研究对象，随机分为对照组（30 例）及试验组（31 例）。对照组进行常规糖尿病健康教育，试验组在对照组基础上进行抗阻力运动联合营养干预，干预 12 周后，比较两组患者的葡萄糖在目标范围内的时间（TIR）、平均血糖波动幅度（MAGE）、四肢骨骼肌质量指数（ASMI）、握力（kg）、6 m 步速（m/s），并计算干预前后 ASMI、握力、6 m 步速改善程度与 TIR、MAGE 改善程度的相关性。**结果** 干预前，两组间仅 ASMI 比较，差异有统计学意义（$P<0.05$）；干预后两组 ASMI 和 6 m 步速比较，差异有统计学意义（$P<0.05$）。干预 12 周后，对照组 TIR 较干预前降低（$P<0.05$）；干预组 HbA_{1c}、TIR、MAGE、6 m 步速较干预前改善（$P<0.05$）。干预 12 周后，两组 HbA_{1c}、TIR、MAGE、ASMI、6 m 步速变化幅度比较，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。6 m 步速变化幅度与 TIR 变化幅度呈正相关（$r_s=0.411$，$P<0.05$），与 MAGE（$r_s=-0.472$，$P<0.05$）和 HbA_{1c}（$r_s=-0.315$，$P<0.05$）变化幅度呈负相关。无不良事件发生。**结论** 对合并肌少症的老年 2 型糖尿病患者，抗阻力运动联合营养干预不但可以增加肌肉量和身体机能，而且可以改善血糖稳定性和血糖达标时间。抗阻力运动和营养干预简便易行，安全性高，值得在基层医院推广应用。

【关键词】 抗阻训练；运动疗法；糖尿病，2 型；肌少症；肌，骨骼；血糖控制；血糖稳定性；社区；随机对照试验

【中图分类号】 R 455 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0422

Effects of Resistance Exercise Combined with Nutritional Intervention on Blood Glucose Stability in Elderly Patients with Type 2 Diabetes Mellitus

WANG Ying[1,2]，YAN Yijun[1,2]，LIU Lei[2]，HU Yumin[3]，ZHANG Yang[3]，LIU Kai[3]，JIANG Boren[1,4]*

1. Health Management Clinic，Shanghai Huangpu District Yuyuan Community Health Service Center，Shanghai 200010，China
2. Ward Area 2，Shanghai Huangpu District Geriatric Care Hospital，Shanghai 200010，China
3. Department of Rehabilitation Medicine，Shanghai Huangpu District Geriatric Care Hospital，Shanghai 200010，China
4. Department of Endocrinology，Shanghai Ninth People's Hospital，Shanghai Jiao Tong University School of Medicine，Shanghai 200011，China
**Corresponding author：JIANG Boren，Associate chief physician；E-mail：155284156@qq.com*

【Abstract】 **Background** Type 2 diabetes mellitus（T2DM）and sarcopenia are common conditions that significantly impact the health of elderly individuals. However，clinical intervention studies focusing on T2DM with sarcopenia are relatively

基金项目：中华国际医学交流基金 Z-2017-26-1902）；上海市黄浦区卫生健康委员会科研项目（HLM202135）
引用本文：王颖，颜轶隽，刘蕾，等.抗阻力运动联合营养干预对老年 2 型糖尿病患者血糖稳定性影响的临床研究［J］.中国全科医学，2024. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0422. ［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］
WANG Y，YAN Y J，LIU L，et al. Effects of resistance exercise combined with nutritional intervention on blood glucose stability in elderly patients with type 2 diabetes mellitus ［J］. Chinese General Practice，2024.［Epub ahead of print］.

limited in China. **Objective** To investigate the effects of resistance exercise combined with nutritional intervention on skeletal muscle mass and blood glucose stability in elderly T2DM patients with sarcopenia at a primary care hospital. **Methods** A total of 61 elderly T2DM patients with sarcopenia (aged ≥ 65) who attended the Shanghai Huangpu District Yuyuan Community Health Service Center between February 2022 and May 2024were enrolled in the study. The patients were randomly assigned to a control group (n=30) and an intervention group (n=31). All patients were managed by routine diabetes education, and those in the intervention group additionally received resistance exercise combined with nutritional intervention. A 12-week intervention was performed to compare the time in glucose target range (TIR), mean amplitude of glycemic excursions (MAGE), appendicular skeletal muscle mass index (ASMI), grip strength (kg), and 6-meter walking speed (m/s). The correlations between grip strength, 6-meter walking speed, ASMI with TIR and MAGE were assessed before and after the intervention. **Results** Before the intervention, there was a statistically significant difference in ASMI between groups (P<0.05). After the intervention, significant differences in ASMI and 6-meter walking speed were observed between groups (P<0.05). After the 12-week intervention, significantly decreased TIR was detected in the control group (P<0.05), and significantly improved glycated hemoglobin (HbA_{1c}), TIR, MAGE, and 6-meter walking speed were found in the intervention group (P<0.05), with statistical differences between groups (P<0.05). The change in 6-meter walking speed was positively correlated with the change in TIR (r_s=0.411, P<0.05), and negatively correlated with changes in MAGE (r_s=-0.472, P<0.05) and HbA_{1c} (r_s=-0.315, P<0.05). No adverse events were reported. **Conclusion** Resistance exercise combined with nutritional intervention can not only increase muscle mass and physical function, but also improve blood glucose stability and TIR in elderly T2DM patients with sarcopenia. Our interventions are simple, easy to implement, with high safety, making them valuable for promotion in primary healthcare setting.

【Key words】 Resistance training; Exercise therapy; Diabetes mellitus, type 2; Sarcopenia, Muscle, skeletal; Glycemic control; Blood glucose stability; Community; Randomized controlled trial

随着全球老龄化的加剧，老年人群中 2 型糖尿病的患病率持续上升，导致心血管疾病、肾病和视网膜病变等并发症风险增加，而其伴发的肌少症也受到越来越多的关注[1]。肌少症降低了老年人的运动能力和生活质量[2]，增加了跌倒和骨折风险[3]，与糖尿病形成恶性循环，患有 T2DM 的老年人常存在虚弱、认知能力下降和功能障碍[4]，这凸显了与护理人员和社会支持联系的重要性。因此，寻求既能改善代谢控制又能增强肌肉质量的干预措施，对提升老年糖尿病患者的整体健康至关重要。

目前还没有药物可以预防或治疗肌少症[5]，营养干预和抗阻力运动结合近年来被认为是潜在的对抗肌少症有效策略[6-9]。既往研究证实骨骼肌质量取决于肌肉蛋白质合成（MPS）和肌肉蛋白质分解（MPB）之间复杂的平衡[10]。进行阻力运动（RE）后，MPS 会大幅升高，将 RE 与适当的营养策略结合，可在 RE 后最大限度地刺激 MPS，随着时间的推移可促进骨骼肌质量的增加[11]。相对于年轻人，老年人存在合成代谢阻力[12]，因此对其进行抗阻力运动联合营养指导更为重要。摄入足够的高质量（尤其是富含亮氨酸）蛋白质与抗阻力运动相结合是改善或至少维持骨骼肌质量和功能的决定因素[6]。

合并肌少症的老年 2 型糖尿病患者在社区医院，尤其是老年护理院中较集中，如能对这部分患者进行有效干预，无论对家庭还是对社会，均有非常重要的现实价值。已有研究发现，运动和均衡饮食是对抗老年人肌肉减少症和 2 型糖尿病的正确对策[13]。有效的行为管理是实现糖尿病患者治疗目标的基础，实现目标的关键是糖尿病自我管理教育和支持（DEMES）[14]，本研究旨在评估这种联合干预对社区老年 2 型糖尿病合并肌少症患者血糖稳定性的影响。结合可穿戴设备（连续动态血糖监测），远程医疗（微信）等技术，探寻一种以糖尿病肌少症患者及其家庭为中心、与社区医疗专业人员合作的经济、高效的初级保健和预防服务。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2022 年 2 月—2024 年 5 月于上海市黄浦区豫园街道社区卫生服务中心就诊的老年 2 型糖尿病合并肌少症患者为研究对象。本研究经上海市黄浦区豫园街道社区卫生服务中心伦理委员会审核同意，中国临床试验注册中心注册（注册号 ChiCTR2200055220）。纳入患者均签署了知情同意书。

以葡萄糖在目标范围内的时间（TIR）作为作为研究主要终点，检验水准 α=0.05，检验效能 1-β=0.80，计算得到样本量 30 例，按 15%~20%的失访率，每组计划入组 35 例。

1.1.1 纳入标准：（1）≥ 65 岁的 2 型糖尿病患者，糖化血红蛋白（HbA_{1c}）为 6.0%~8.5%；（2）符合肌少症诊断标准（依据亚洲肌少症工作组 2019 共识[15]）；（3）

能够接受糖尿病健康教育及抗阻力运动指导。

1.1.2 排除标准：（1）合并严重慢性疾病；（2）近 6 个月曾进行抗阻力运动训练；（3）近 1 个月内发生严重低血糖；（4）有肢体功能缺损认知障碍无法接受运动及健康指导的患者；（5）严重肾功能损害患者（CKD 3~4 期）；（6）严重肝功能损害；（7）有心脏起搏器植入；（8）经研究组判定不适宜参加本研究的患者（例如患者参与研究前 3 个月内经历了重大外伤或手术）。

1.2 方法

1.2.1 分组过程：首先利用肌少症筛查量表 SARC-F 对社区≥ 65 岁的糖尿病患者进行初筛，≥ 4 分的患者接受生物电阻抗分析。共纳入符合肌少症诊断标准的患者 70 例，通过 SAS 软件生成的随机数分配至试验组和对照组，每组 35 例。最终有 61 例患者完成了全程干预，9 例患者未能完成（对照组 5 例，试验组 4 例），原因包括疫情的影响及其他个人原因。

1.2.2 分组结束后检测受试者体脂率、BMI、血红蛋白、空腹血糖、丙氨酸氨基转移酶、肌酐、糖化血红蛋白。

1.2.3 干预措施。对照组：对照组进行常规糖尿病健康教育，糖尿病常规健康教育参考中国老年糖尿病诊疗指南（2021 年版）[16]。试验组：试验组在对照组基础上联合综合肌肉训练。具体方法：（1）健康宣教（宣教肌少症对老年人健康危害，肌少症干预的重要性）；（2）营养摄入建议：为患者拟定每周食谱，达到摄入优质蛋白每人每天 1.2~1.5 g/kg 体质量，并建议补充活性维生素 D。（3）抗阻力运动指导。抗阻力训练方案：①屈腕举哑铃：患者双手握持 1 kg 哑铃或相同重量的矿泉水瓶，端坐或直立，前壁与上臂呈 90°，肱二头肌必须感觉绷紧，20 次 / 组，每组间可休息 30 s，3 组 /d；②股四头肌静力收缩训练：长腿椅坐位，膝关节伸直，可在膝下垫一毛巾卷，大腿肌肉收缩绷紧向下压毛巾，可见髌骨上移，保持 10 s 后放松，休息 10 s 后再重复，10 次为一组，3 组 /d。③提踵，站立位，双脚与肩同宽，双手可轻扶稳定桌面或栏杆，慢慢将脚后跟抬起，仅用脚掌支撑身体保持直立 10 s 后，再缓慢回到原位，休息 10 s 后重复 10 次为 1 组，3 组 /d。初次训练均在我院康复科技师指导下完成。每周完成 3 次训练，每次完成后打卡。为保证干预有效，采用每天微信打卡的方式，上传三餐图片，及抗阻力运动时的视频。

两组均继续保持原有糖尿病及其他慢性病治疗方案不变，持续干预 12 周。

1.3 评价指标

两组患者基线指标：性别；病程；受教育水平；年龄；体脂率（使用生物电阻抗仪生产厂家：InBody Co.，Ltd.，型号：INBODY270）；BMI（身高体重仪，品牌：倍泰，型号：HW-B-N1）；血红蛋白（血细胞分析仪，品牌：希森美康，型号：Xn1000）；空腹血糖、丙氨酸氨基转移酶、肌酐（生化分析仪，品牌：日立，型号：7180）。

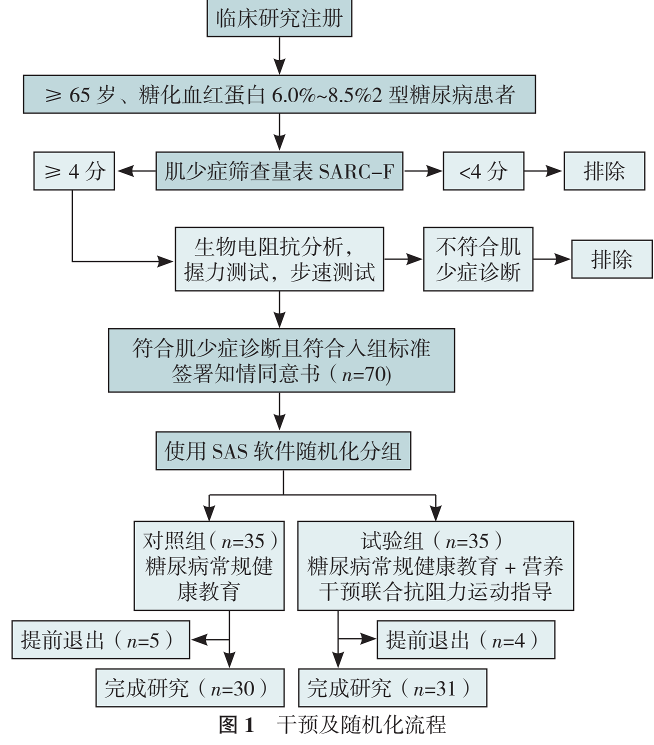


图 1 干预及随机化流程

Figure 1 Intervention and randomization process

1.3.1 观察指标与评价方法。比较两组患者干预前和干预 12 周后的下列指标。（1）身体质量指数（BMI）：身高体重仪（品牌：倍泰，型号：HW-B-N1）（2）糖化血红蛋白（HbA_{1c}）：全自动糖化血红蛋白分析仪（品牌：东曹，型号：G11）（3）TIR，平均血糖波动幅度（MAGE）：佩戴雅培扫描式瞬感血糖监测仪（批号：01C199E）7 d，取得 TIR 及 MAGE。（4）四肢骨骼肌质量指数（ASMI）：使用生物电阻抗仪（生产厂家：InBody Co.，Ltd.，型号：INBODY270）测量四肢骨骼肌质量，并用身高矫正（界值为男性 <7.0 kg/m^2，女性 <5.7 kg/m^2）。（5）握力与 6 m 步速：使用弹簧式握力器（品牌：香山，型号：101）测量优势手握力，握住弹簧式握力器，站立位，伸肘测量握力；如果老年人不能独立站立，则选用坐位测量。用优势手最大力量等距收缩，至少 2 次测试，选取最大读数（界值为男性 <28 kg，女性 <18 kg），使用 6 m 步速[15]测量身体机能，测量时指导受试者以常规步行速度通过 6 m 直线距离，中途不加速不减速，并至少测量 2 次，计算其平均数值（界值为≤ 1 m/s）。

1.3.2 安全性评价。试验过程中如实记录任何不良事件的发生，并记录是否停止干预，是否采取处理措施，不良事件是否与试验相关，以客观评价其安全性。对所有

受试者在干预 4、8、12 周时进行随访。

1.4 统计学方法

按照符合方案集分析（per protocol analysis，PP 集），未完成干预和随访的患者数据未纳入最终分析。计量资料采用（$\bar{x} \pm s$）表示，计数资料采用相对数表示。两组间基线和干预后计量指标（年龄、体脂率、BMI、血红蛋白、血糖、丙氨酸氨基转移酶、肌酐）差异比较采用两样本 t 检验（数据呈正态分布）或 Mann-Whitney U 检验（数据呈非正态分布）；计数资料（性别、病程、受教育水平）比较采用 χ^2 检验。干预前后握力、6 m 步速、ASMI 改善程度与 TIR、MAGE 改善程度的关联采用 Pearson 相关分析（数据呈正态分布）或 Spearman 秩相关分析（数据呈非正态分布）。采用 SPSS 22.0 软件（美国 IBM 公司）进行数据处理，以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

两组患者的性别、年龄、受教育水平、病程、体脂率、BMI、血红蛋白、空腹血糖、丙氨酸氨基转移酶、肌酐比较，差异均无统计学意义（P>0.05），见表 1。

2.2 干预效果分析

干预前，两组间仅 ASMI 比较，差异有统计学意义（P<0.05）；干预后两组 ASMI 和 6 m 步速比较，差异有统计学意义（P<0.05）。干预 12 周后，对照组 TIR 较干预前降低，差异有统计学意义（P<0.05）；干预组 HbA_{1c}、TIR、MAGE、ASMI、6 m 步速较干预前改善，差异有统计学意义（P<0.05）。

干预 12 周后，两组 HbA_{1c}、TIR、MAGE、ASMI、6 m 步速变化幅度比较，差异均有统计学意义（P<0.05），见表 2。

2.3 相关性分析

6 m 步速变化幅度与 TIR 变化幅度呈正相关，与 MAGE 和 HbA_{1c} 变化幅度呈负相关（P<0.05），见表 3。

2.4 安全性评价

研究期间对照组及试验组均未发生不良事件和严重不良事件。

3 讨论

本研究发现，通过 12 周的抗阻力运动联合营养干预，试验组老年 2 型糖尿病患者的骨骼肌质量增加（ASMI）、功能改善（6 m 步速），TIR、MAGE 明显改善，证明了在社区开展抗阻力运动和营养干预的有效性。

过往研究已证实营养干预联合抗阻力运动可以改善骨骼肌质量和功能[6]。这可能是由于营养干预将“食物即药物”[18]的理念传达给患者，打卡上传每日饮食也在一定程度上提高了患者的健康意识[19]。骨骼肌中的胰岛素抵抗是加剧 2 型糖尿病患者肌肉减少症的重要因素[20]。均衡饮食与优质蛋白质摄入增加提高了老年糖尿病患者的胰岛素敏感性[21]，增加肌肉细胞中的胰岛素受体表达和胰岛素信号传导，增加了体内的氨基酸浓度，而这些氨基酸是肌肉蛋白质合成的基本构建块[22]。有研究表明，适量的蛋白质摄入可以显著提升胰岛素促进骨骼肌细胞中蛋白质的合成的速率[16]，进而提高骨骼肌质量，提升 ASMI。

抗阻力运动通过多种机制促进肌肉蛋白质合成。首先，机械张力通过激活 mTOR 通路，直接促进肌肉蛋白质合成，蛋白激酶 mTORC1 的激活是支持体细胞生长、蛋白质合成的主要途径[23]，对关键组织和器官的生长以及体内平衡具有广泛的影响[24]；其次，抗阻力运动引起的代谢应激提高了体内的代谢率，促进了肌肉细胞对胰岛素的敏感性，进而提高了葡萄糖的摄取和利用。

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Baseline data between control group and intervention group

组别	例数	性别［例（%）］		年龄（$\bar{x} \pm s$，岁）	受教育水平［例（%）］			病程［例（%）］		
		男	女		小学及以下	中学	大学及以上	1~<5 年	5~10 年	>10 年
对照组	30	18（60.0）	12（40.0）	76.8 ± 7.84	6（20.0）	18（60.0）	6（20.0）	2（6.7）	1（3.3）	27（90.0）
试验组	31	14（45.2）	17（54.8）	73.48 ± 5.32	1（3.2）	24（77.4）	6（19.4）	6（19.4）	2（6.5）	23（74.2）
χ^2（t）值		1.346[a]		1.927	4.413[a]			2.638[a]		
P 值		0.246		0.060	0.110			0.267		

组别	体脂率（$\bar{x} \pm s$，%）	BMI（$\bar{x} \pm s$，kg/m^2）	血红蛋白（$\bar{x} \pm s$，g/L）	空腹血糖（$\bar{x} \pm s$，mmol/L）	丙氨酸氨基转移酶（$\bar{x} \pm s$，U/L）	肌酐（$\bar{x} \pm s$，μmmol/L）
对照组	27.60 ± 6.70	21.01 ± 2.27	128.77 ± 10.87	7.41 ± 1.44	18.97 ± 10.98	75.13 ± 25.09
试验组	27.79 ± 5.35	21.27 ± 1.84	126.03 ± 12.36	7.30 ± 1.69	28.48 ± 27.91	70.26 ± 16.55
χ^2（t）值	−0.123	−0.501	0.916	0.291	−1.763	0.884
P 值	0.903	0.618	0.363	0.772	0.086	0.380

注：[a] 表示 χ^2 值。

表 2 两组患者干预后 BMI、HbA_{1c}、TIR、MAGE、ASMI、优势手握力及 6 m 步速比较

Table 2 BMI，HbA_{1c}，TIR，MAGE，ASMI，grip strength and 6-meter walking speed between groups after intervention

组别	BMI（kg/m²）					HbA_{1c}（%）				
	干预前	干预后	变化幅度（%）	$t_{配对}$值	P 值	干预前	干预后	变化幅度（%）	$t_{配对}$值	P 值
对照组	21.01±2.27	20.98±2.21	−0.57±4.82	0.723	0.475	6.98±0.87	7.26±1.40	4.30±18.2	−1.268	0.215
试验组	21.27±1.84	21.59±1.96	1.54±3.78	−2.192	0.036	7.23±0.92	6.75±0.99	−6.34±10.8	3.398	0.002
t 值	−0.501	−1.14	−1.9			−1.1	1.656	2.762		
P 值	0.618	0.259	0.062			0.276	0.103	0.008		

组别	TIR（%）					MAGE				
	干预前	干预后	变化幅度（%）	$t_{配对}$值	P 值	干预前	干预后	变化幅度（%）	$t_{配对}$值	P 值
对照组	75.58±16.80	61.62±23.14	−16.53±27.87	3.243	0.003	5.86±1.73	6.19±1.88	8.70±28.11	−1.232	0.228
试验组	69.58±18.74	76.77±15.54	15.72±27.60	−2.532	0.017	6.80±2.12	5.37±2.01	−17.91±30.57	3.444	0.002
t 值	1.319	−3.011	−4.54			−1.901	1.634	3.536		
P 值	0.192	0.004	P<0.001			0.062	0.107	0.001		

组别	ASMI（kg/m²）					优势手握力（kg）					6 m 步速（m/s）				
	干预前	干预后	变化幅度(%)	$t_{配对}$值	P 值	干预前	干预后	变化幅度(%)	$t_{配对}$值	P 值	干预前	干预后	变化幅度(%)	$t_{配对}$值	P 值
对照组	5.79±0.79	5.75±0.79	−0.79±2.36	10.785	0.085	20.83±5.95	20.73±5.81	−0.17±6.32	0.453	0.654	0.95±0.11	0.95±0.11	0.29±4.95	−0.224	0.824
试验组	6.19±0.76	6.24±0.78	0.78±2.59	−1.696	0.1	21.45±6.17	22.39±7.06	4.32±14.67	−1.885	0.069	0.95±0.09	1.03±0.1	8.76±9.14	5.479	<0.001
t 值	−2.01	−2.459	−2.481			−0.396	−1.002	−1.543			−0.213	−3.111	−4.525		
P 值	0.049	0.017	0.016			0.693	0.32	0.128			0.832	0.003	P<0.001		

注：变化幅度 =（干预后 − 干预前）/ 干预前 ×100%；HbA_{1c}= 糖化血红蛋白，ASMI= 四肢骨骼肌质量指数，TIR= 葡萄糖在目标范围内的时间，MAGE= 平均血糖波动幅度。

表 3 干预后 ASMI、6 m 步速变化幅度与 TIR、MAGE、HbA_{1c} 变化幅度的相关性

Table 3 Correlation coefficient of changing range between ASMI，6-meter walking speed with TIR，MAGE，HbA_{1c} after intervention

项目	TIR 变化幅度		MAGE 变化幅度		HbA_{1c} 变化幅度	
	r_s 值	P 值	r_s 值	P 值	r_s 值	P 值
ASMI 变化幅度	0.24	0.063	−0.139	0.286	−0.236	0.067
6 m 步速变化幅度	0.411	0.001	−0.472	<0.001	−0.315	0.013

长期的抗阻力训练还能增加肌肉纤维的体积和数量，从而显著改善老年糖尿病患者的骨骼肌质量和功能。既往已有研究证实体力活动的多种临床益处，例如提高胰岛素敏感性、降低 HbA_{1c} 和增加峰值耗氧量，并对血糖、血脂、血压和高敏 C 反应蛋白有有利影响[25]，进而降低血糖变异性[26]，最终改善 TIR 与 MAGE。

本研究还发现 TIR 变化幅度与 6 m 步速变化幅度呈正相关，MAGE 变化幅度和步速变化幅度呈负相关。较高的 TIR 与蛋白尿、视网膜病变、心血管疾病死亡率、全因死亡率和颈动脉内膜中层厚度异常的风险降低相关。在糖尿病周围神经病变（DPN）中，血糖变异性（尤其是 MAGE）和较低的 TIR 均被认为是危险因素[27]。DPN 是糖尿病最常见的并发症，对生活质量有重大影响，多项研究证实饮食和运动相结合是治疗 DPN 的有效策略[28-30]。血糖变异性的改善降低了促炎细胞因子的释放，避免了对肌肉蛋白合成的影响，减轻了周围神经和微血管的损伤，反向提升了运动能力，增加了肌肉质量与步行速度。慢步速是肌肉减少症的重要体能指标[31]，被确定为全因死亡的独立危险因素[32]，由个体的步速可知其整体健康和体能状况。本研究进一步验证了营养联合抗阻力运动可以通过提升老年 2 型糖尿病患者整体的健康水平，从而提升步速。

本研究发现两组之间握力改善无明显差异，但试验组的步速提升显著。类似的结果在既往研究[33]中也有被观察到。这可能是因为试验设计的干预动作主要针对下肢肌肉，且运动干预期间采用的站立姿势使下肢肌肉相比上半身获得了更多的刺激。另一个可能的解释是，由于老年肌少症糖尿病患者活动能力较弱，有久坐的习惯，营养联合运动干预不仅提升了下肢肌肉的质量和力量，还可能改变了患者的生活方式，减少了连续久坐的时间，相对增加了下肢训练的频率。此外，干预时间短也是一个因素。在相同的干预时间内，下肢肌肉功能通常较上肢有更明显的提升[34]。如果干预时间进一步延长，也许会观察到不同的结果。

本研究提升了社区老年人群对糖尿病和肌少症两类疾病的认识及自我管理的能力，康复师的指导保证了抗阻力动作的专业性，微信打卡及定期随访保证了干预的延续性和干预效果，提升了依从性，医务人员可以全过程、全方位、多维度参与到糖尿病肌少症老年人疾病的自我管理过程中，实时监督，实时指导，促进老年人健

康行为。此方案具备在社区老年人群中推广的可行性，具备社会效益和卫生经济效益。

本研究发现了步速改善与 TIR、MAGE 显著相关。既往研究多集中于单一指标的变化[35-37]，本研究通过综合分析多项指标，揭示了步速这一整体健康状况的代表性指标与各项生理指标之间的紧密联系。这一发现为评估老年糖尿病患者的整体健康状况提供了新的视角。未来可以考虑将步速纳入老年糖尿病患者的常规健康评估体系中，以更全面的方式评估患者的健康状况。

本研究样本的年龄范围为 65~85 岁，性别比例均衡，且患者均为已确诊的 2 型糖尿病患者。虽然这些特征在一定程度上保证了结果的代表性，但也需要注意到，这一年龄范围内的患者在身体功能和疾病管理上的差异较大。因此，研究结果在更广泛的老年糖尿病患者群体中的适用性需要进一步验证。

本研究样本量有限，为单中心研究，试验对象入组时间跨度较大，且受疫情影响，部分患者可能感染后加重胰岛素抵抗，易影响研究结果。隔离政策也可能影响了食物的可及性，干扰了营养干预结果。患者用药方面也可能对结果存在一定影响，尽管告知患者在试验期间保留原糖尿病治疗方案，但疫情期间部分患者药物获取困难。本研究对照组患者血糖控制情况发生恶化，但试验组在同样背景条件下，试验组却有好转，证明了干预的有效性。这些局限性可能导致研究结果偏向保守，未来需要更大规模、多中心的研究来验证本研究发现。

4 小结

通过抗阻力运动与营养干预后，合并肌少症的老年 2 型糖尿病患者 ASMI、步速、TIR 和 MAGE 均显著改善，且 TIR 和 MAGE 改善与步速的提高显著相关。研究结果展示了在社区内实施综合干预的巨大潜力，为基层医院提供了一种有效的老年糖尿病管理新路径。

致谢：感谢复旦大学附属华山医院康复科协助设计并录制抗阻力运动指导视频。

作者贡献：王颖提出主要研究目标，负责研究的构思与设计，撰写论文；颜轶隽负责调查对象的选取；刘蕾，胡毓敏，张扬，刘凯负责研究过程的实施，进行数据收集与整理；姜博仁负责统计学分析，文章的质量控制与审查，对文章整体负责，监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] BELLARY S，KYROU I，BROWN J E，et al. Type 2 diabetes mellitus in older adults：clinical considerations and management［J］. Nat Rev Endocrinol，2021，17（9）：534-548. DOI：10.1038/s41574-021-00512-2.

[2] RODRIGUES F，DOMINGOS C，MONTEIRO D，et al. A review on aging，sarcopenia，falls，and resistance training in community-dwelling older adults［J］. Int J Environ Res Public Health，2022，19（2）：874. DOI：10.3390/ijerph19020874.

[3] YEUNG S S Y，REIJNIERSE E M，PHAM V K，et al. Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults：a systematic review and meta-analysis［J］. J Cachexia Sarcopenia Muscle，2019，10（3）：485-500. DOI：10.1002/jcsm.12411.

[4] TAMURA Y，OMURA T，TOYOSHIMA K，et al. Nutrition management in older adults with diabetes：a review on the importance of shifting prevention strategies from metabolic syndrome to frailty［J］. Nutrients，2020，12（11）：3367. DOI：10.3390/nu12113367.

[5] DAMANTI S，AZZOLINO D，RONCAGLIONE C，et al. Efficacy of nutritional interventions as stand-alone or synergistic treatments with exercise for the management of sarcopenia［J］. Nutrients，2019，11（9）：1991. DOI：10.3390/nu11091991.

[6] MCKENDRY J，CURRIER B S，LIM C，et al. Nutritional supplements to support resistance exercise in countering the sarcopenia of aging［J］. Nutrients，2020，12（7）：2057. DOI：10.3390/nu12072057.

[7] 张冰青，胡馨云，欧阳煜钦，等. 非肥胖 2 型糖尿病患者肌肉量减少危险因素的列线图预测模型研究［J］. 中国全科医学，2024，27（33）：4139-4146. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0055.

[8] SHEN Y J，SHI Q Y，NONG K L，et al. Exercise for sarcopenia in older people：a systematic review and network meta-analysis［J］. J Cachexia Sarcopenia Muscle，2023，14（3）：1199-1211. DOI：10.1002/jcsm.13225.

[9] ZHU L Y，CHAN R，KWOK T，et al. Effects of exercise and nutrition supplementation in community-dwelling older Chinese people with sarcopenia：a randomized controlled trial［J］. Age Ageing，2019，48（2）：220-228. DOI：10.1093/ageing/afy179.

[10] MCCOLL T J，CLARKE D C. Kinetic modeling of leucine-mediated signaling and protein metabolism in human skeletal muscle［J］. iScience，2023，27（1）：108634. DOI：10.1016/j.isci.2023.108634.

[11] MORTON R W，MURPHY K T，MCKELLAR S R，et al. A systematic review，meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults［J］. Br J Sports Med，2018，52（6）：376-384. DOI：10.1136/bjsports-2017-097608.

[12] TEZZE C，SANDRI M，TESSARI P. Anabolic resistance in the pathogenesis of sarcopenia in the elderly：role of nutrition and exercise in young and old people［J］. Nutrients，2023，15（18）：4073. DOI：10.3390/nu15184073.

[13] ARGYROPOULOU D，GELADAS N D，NOMIKOS T，et al. Exercise and nutrition strategies for combating sarcopenia and type 2 diabetes mellitus in older adults［J］. J Funct Morphol Kinesiol，2022，7（2）：48. DOI：10.3390/jfmk7020048.

[14] American Diabetes Association. 5. Facilitating behavior change and well-being to improve health outcomes：standards of medical care in diabetes-2021［J］. Diabetes Care，2021，44（Suppl 1）：S53-72. DOI：10.2337/dc21-S005.

[15] CHEN L K，WOO J，ASSANTACHAI P，et al. Asian working group for sarcopenia：2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment [J]. J Am Med Dir Assoc，2020，21(3)：300–307.e2. DOI：10.1016/j.jamda.2019.12.012.
[16] 国家老年医学中心，中华医学会老年医学分会，中国老年保健协会糖尿病专业委员会. 中国老年糖尿病诊疗指南（2021 年版）[J]. 中华糖尿病杂志，2021，13（1）：14–46. DOI：10.3760/cma.j.cn115791–20201209–00707.
[17] GUO L，XIAO X. Guideline for the management of diabetes mellitus in the elderly in China（2024 edition）[J]. Aging Med Milton，2024，7（1）：5–51. DOI：10.1002/agm2.12294
[18] DOWNER S，BERKOWITZ S A，HARLAN T S，et al. Food is medicine：actions to integrate food and nutrition into healthcare [J]. BMJ，2020，369：m2482. DOI：10.1136/bmj.m2482.
[19] BHUROSY T，MIDDLESTADT S E，LIN H C，et al. A randomized mHealth trial to promote vegetable intake through counting and goal setting [J]. J Nutr Educ Behav，2020，52(12)：1111–1119. DOI：10.1016/j.jneb.2020.08.009.
[20] HOU Y，XIANG J，WANG B，et al. Pathogenesis and comprehensive treatment strategies of sarcopenia in elderly patients with type 2 diabetes mellitus [J]. Front Endocrinol，2023，14：1263650. DOI：10.3389/fendo.2023.1263650.
[21] DERRICK S A，NGUYEN S T，MARTHENS J R，et al. A Mediterranean–style diet improves the parameters for the management and prevention of type 2 diabetes mellitus [J]. Medicina，2023，59（10）：1882. DOI：10.3390/medicina59101882.
[22] 陈艳秋，宗敏，李士捷，等. 社区老年人膳食蛋白质摄入量及其与骨骼肌量的相关性研究[J]. 中国全科医学，2019，22(30)：3662–3666，3671. DOI：10.12114/j.issn.1007–9572.2019.00.239.
[23] KOLB H，KEMPF K，RÖHLING M，et al. Insulin：too much of a good thing is bad [J]. BMC Med，2020，18（1）：224. DOI：10.1186/s12916–020–01688–6.
[24] GOUL C，PERUZZO R，ZONCU R. The molecular basis of nutrient sensing and signalling by mTORC1 in metabolism regulation and disease [J]. Nat Rev Mol Cell Biol，2023，24（12）：857–875. DOI：10.1038/s41580–023–00641–8.
[25] AMANAT S，GHAHRI S，DIANATINASAB A，et al.Exercise and type 2 diabetes [EB/OL]. [2024–08–20]. https://doi.org/10.1007/978–981–15–1792–1_6.
[26] ZHU X Y，ZHAO L N，CHEN J，et al. The effect of physical activity on glycemic variability in patients with diabetes：a systematic review and meta–analysis of randomized controlled trials [J]. Front Endocrinol，2021，12：767152. DOI：10.3389/fendo.2021.767152.
[27] YAPANIS M，JAMES S，CRAIG M E，et al. Complications of diabetes and metrics of glycemic management derived from continuous glucose monitoring [J]. J Clin Endocrinol Metab，2022，107（6）：e2221–2236. DOI：10.1210/clinem/dgac034.
[28] EID SA，ELZINGA SE，KIM B，et al. High–intensity interval training，caloric restriction，or their combination have beneficial effects on metabolically acquired peripheral neuropathy [J]. Diabetes，2024，20：db230997.DOI：10.2337/db23–0997.
[29] ENDERS J，ELLIOTT D，WRIGHT D E. Emerging nonpharmacologic interventions to treat diabetic peripheral neuropathy [J]. Antioxid Redox Signal，2023，38（13/14/15）：989–1000. DOI：10.1089/ars.2022.0158.
[30] ELAFROS M A，ANDERSEN H，BENNETT D L，et al. Towards prevention of diabetic peripheral neuropathy：clinical presentation，pathogenesis，and new treatments [J]. Lancet Neurol，2022，21（10）：922–936. DOI：10.1016/S1474–4422(22)00188–0.
[31] PETERMANN–ROCHA F，HO F K，WELSH P，et al. Physical capability markers used to define sarcopenia and their association with cardiovascular and respiratory outcomes and all–cause mortality：a prospective study from UK biobank [J]. Maturitas，2020，138：69–75. DOI：10.1016/j.maturitas.2020.04.017.
[32] WELSH C E，CELIS–MORALES C A，HO F K，et al. Grip strength and walking pace and cardiovascular disease risk prediction in 406，834 UK biobank participants [J]. Mayo Clin Proc，2020，95（5）：879–888. DOI：10.1016/j.mayocp.2019.12.032.
[33] WANG H L，HUANG W Y，ZHAO Y N. Efficacy of exercise on muscle function and physical performance in older adults with sarcopenia：an updated systematic review and meta–analysis [J]. Int J Environ Res Public Health，2022，19（13）：8212. DOI：10.3390/ijerph19138212.
[34] SHEN Y J，LIU D，LI S Y，et al. Effects of exercise on patients important outcomes in older people with sarcopenia：an umbrella review of meta–analyses of randomized controlled trials [J]. Front Med，2022，9：811746. DOI：10.3389/fmed.2022.811746.
[35] SAVIKJ M，ZIERATH J R. Train like an athlete：applying exercise interventions to manage type 2 diabetes [J]. Diabetologia，2020，63（8）：1491–1499. DOI：10.1007/s00125–020–05166–9.
[36] MARCOTTE–CHÉNARD A，LITTLE J. Towards optimizing exercise prescription for type 2 diabetes：modulating exercise parameters to strategically improve glucose control [J]. Transl Exerc Biomed，2024，1：71–88. DOI：10.1515/teb–2024–2007.
[37] KOBAYASHI Y，LONG J，DAN S，et al. Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal–weight type 2 diabetes：a randomised controlled trial [J]. Diabetologia，2023，66（10）：1897–1907. DOI：10.1007/s00125–023–05958–9.

（收稿日期：2024–06–10；修回日期：2024–10–10）
（本文编辑：赵跃翠）